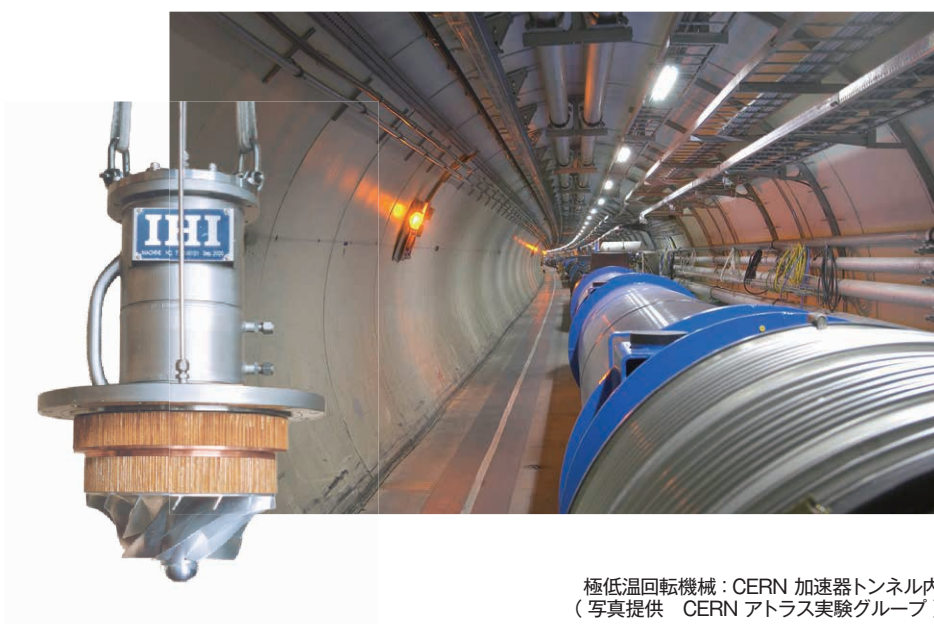


「世界最大の発見」を支えるキーハード

CERN で活躍する極低温回転機械

神の粒子は超高エネルギーの場で初めて姿を現した。その場を作っていたのは逆に絶対零度に近い冷え切った磁石。そしてその磁石を冷やしていたのは・・・



極低温回転機械：CERN 加速器トンネル内
(写真提供 CERN アトラス実験グループ)

神の粒子

2011年12月、欧州合同原子核研究所(CERN)は、万物に質量を与えるとされ、神の粒子とも呼ばれるヒッグス粒子が垣間見られたと発表した。発見の舞台となった大型ハドロン衝突型加速器(Large Hadron Collider:LHC)は、一周27kmの環状トンネル内で陽子を光速近くまで加速して衝突、分解させ、宇宙の始まりであるビッグバン直後に匹敵する高エネルギー状態を再現して、物質の根源を探るものだ。

その世紀の発見にIHIの極低温回転機械(ヘリウム圧縮機)が重要な役割りを担っていた。つまりこの回転機械こそがキーハードなのである。

LHCは陽子を強力な磁石で加速して衝突させる。その磁石には超電導磁石が使われている。超電導磁石

とは、その名のとおり超電導、すなわち導線の電気抵抗がほぼゼロという状態の電磁石である。大電流を流しても電力損失とそれに伴う発熱を非常に小さくすることができ、少ない電力で強い磁場を発生させることができる。

超電導を実現するためには磁石を極低温まで冷やす必要があり、温度は低ければ低いほどよい。そこで冷却には、すべての物質のなかで最も液化する温度が低い(大気圧下で4.2K(-268.95℃))ヘリウムが使われている(他の物質をここまで冷やすと凍ってしまって冷却剤として使えない)。

だがLHCでは4.2Kの極低温では不十分で、さらに1.8Kまでヘリウムの温度を下げ、超電導コイルへの電流を増やし磁力を強化させる必要があった。極低温回転機械はこのために採用されたものである。

1.8 K を達成するには

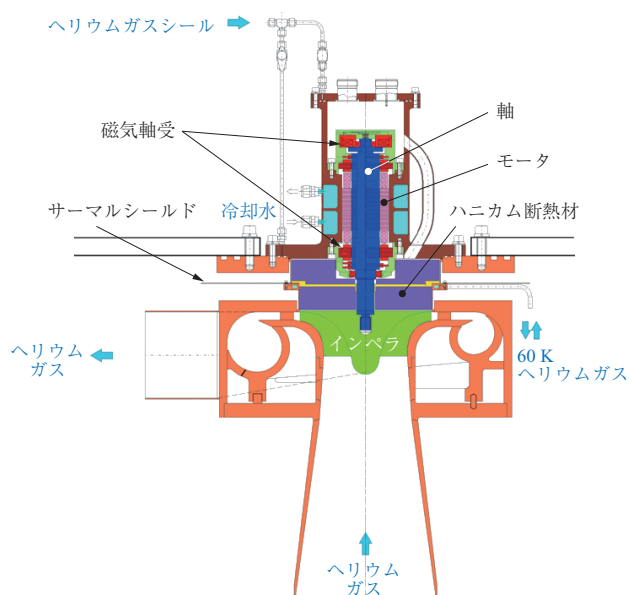
大気圧では 4.2 K までの液体ヘリウムしか生成することができない。さらに低温を得ようとするには、液体ヘリウム貯槽の雰囲気気を減圧してヘリウムが沸騰する温度を下げてやる必要がある。山の上では 100℃ にならなくても水が沸騰するのと同じ原理だ。LHC では圧力を 1.5 kPa（大気圧の 1.5%）まで下げて 1.8 K の液体ヘリウムを得ている。極低温回転機械は、液体ヘリウム貯槽内を減圧し、熱負荷によって蒸発したヘリウムガスを吸い続けて貯槽内を 1.5 kPa の一定に保つために使われる。

極低温下で長時間作動する本機には性能はもとより、機器の信頼性、熱侵入による効率低下などの技術的課題が大きい。

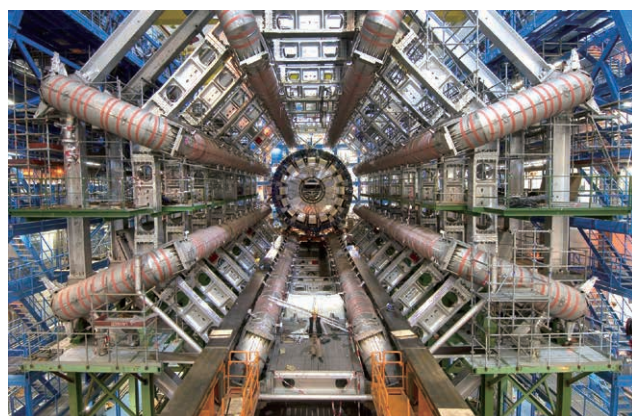
性能面では新開発の高効率インペラを採用した。またヘリウムに異物質が混入しないよう、オイルを用いない軸受として磁気軸受を適用した。

構造的な課題として、電気系の温度変化によるトラブルを避けるために電動機や磁気軸受を常温側に配置した。さらに駆動部分およびインペラ部をカートリッジ式として取り外し可能とし、メンテナンス性に優れた構造としている。

電気系は常温、インペラ部には極低温のヘリウムガ



極低温回転機械断面図



ATLAS 検出器
(写真提供 CERN アトラス実験グループ)

スが流れているので、熱の問題は最も厳しい。ヘリウムへの熱侵入を低減させる高断熱構造（主なもので四つの技術を盛り込んでいる）を新たに開発、適用した。

こうして開発された極低温回転機械は 4 段直列で冷却システムに組み込まれ、1.8 K の液体ヘリウムを作り続けている。最近の発表では、ヒッグス粒子の存在はますます確実なものとなってきた。

IHI は、CERN 以外にも日本原子力研究所（現 独立行政法人日本原子力研究開発機構）、核融合科学研究所、アメリカ Fermi 研究所に極低温回転機械を納入し、世界の超電導応用技術に貢献してきた。現在は ITER（国際熱核融合実験炉）プロジェクトでの採用を目指して研究開発を進めている。

今後もお客さまのニーズに応えられる製品を、最先端技術をもって提供していきます。

問い合わせ先

株式会社 IHI

回転機械セクター 営業部

電話（03）6219-5071

URL：www.ihi.co.jp/compressor/development/